

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **229545**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **413338**

(22) Data zgłoszenia: **30.07.2015**

(51) Int.Cl.

F24F 7/06 (2006.01)

F24F 13/06 (2006.01)

F24F 13/30 (2006.01)

F24F 11/02 (2006.01)

(54)

Urządzenie do wentylacji indywidualnej człowieka

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

20.06.2016 BUP 13/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.07.2018 WUP 07/18

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY -
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ANNA BOGDAN, Józefosław, PL
MARTA CHLUDZIŃSKA, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Joanna Bocheńska

PL 229545 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wentylacji indywidualnej człowieka na stanowisku pracy mogące znaleźć zastosowanie zwłaszcza w pomieszczeniach biurowych.

Nadrzędnym zadaniem systemów wentylacji i klimatyzacji jest zapewnienie użytkownikom pomieszczeń poczucia komfortu, czyli zadowolenia z warunków panujących w pomieszczeniu. Stan ten uzależniony jest zarówno od warunków termicznych środowiska w otoczeniu człowieka, jak i od jakości powietrza (ilości świeżego powietrza oraz stężenia zanieczyszczeń), poziomu hałasu (generowanego zarówno przez urządzenia wentylacji i klimatyzacji, sprzęt znajdujący się w pomieszczeniach itp.), poziomu natężenia oświetlenia (naturalnego oraz sztucznego) oraz szeroko pojmowanej behawioralnej jakości środowiska (w tym: wystroju wnętrza, rodzaju zastosowanego wyposażenia, czy gradacji przestrzeni od publicznej do prywatnej itp.), które wpływają zarówno na proces wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem, jak również na wrażenia zmysłowe i psychologiczne człowieka.

W procesie wentylacji powietrze zewnętrzne dostarczane jest do pomieszczeń najczęściej przez system wentylacji mieszającej lub wyporowej. Wentylacja mieszająca, rozcieńczając zanieczyszczenia powstające w pomieszczeniu a zarazem zapewniając jednorodne środowisko termicznie nie stwarza warunków, które byłyby akceptowane przez wszystkich użytkowników pomieszczenia. Systemem wentylacji wyporowej, w którym powietrze o temperaturze $2 \div 4$ K niższej od temperatury powietrza w pomieszczeniu, dostarczane jest przez nawiewniki umiejscowione blisko poziomu podłogi, może powodować u użytkowników odczucie lokalnego dyskomfortu cieplnego, spowodowane przeciągiem czy też pionowym gradientem temperatury.

Pomocne w kwestii uzyskania pełnej satysfakcji wszystkich użytkowników pomieszczeń z warunków środowiska może okazać się zastosowanie wentylacji indywidualnej (z ang. PV – Personalized Ventilation) [1]. Najistotniejszą zaletą wentylacji indywidualnej porównaniu do wentylacji mieszającej jest utrzymywanie odpowiedniej jakości powietrza dostarczanego bezpośrednio do strefy otoczenia człowieka. Prowadzone badania dot. porównania systemu wentylacji mieszającej i indywidualnej, dowiodły, iż układ PV jest korzystniejszy, zarówno z punktu odczuwalnej jakości powietrza jak i oszczędności energii [2,3]. Zastosowanie wentylacji mieszającej, przy zachowaniu wartości wskaźnika przewidywanego odsetka osób niezadowolonych PPD<9%, powoduje konieczność dostarczenia strumienia powietrza w ilości przekraczającej 72 m³/h, natomiast określony w tych samych warunkach odsetek niezadowolonych przy zastosowaniu PV ze strumieniem powietrza 18 m³/h jest zdecydowanie mniejszy i wynosi średnio PPD<6% [4,5]. Można więc przyjąć, iż system wentylacji indywidualnej, doprowadzający do pomieszczenia 4-krotnie mniej świeżego powietrza niż wentylacja mieszająca, jest efektywniejszym rozwiązaniem również ze względu na satysfakcję użytkowników [6,7,8].

Wentylacja indywidualna może być rozwiązaniem korzystnym również ze względu na oszczędność energii zużywanej w czasie eksploatacji budynków. Zgodnie z zapisami „dyrektywy energetycznej” (Dyrektywa 2002/91/EC [9]) oraz normą PN-EN 15251:20012 [10] ocena energetyczna obiektu musi być prowadzona w odniesieniu do warunków środowiska panującego wewnątrz budynku. Zastosowanie systemu PV w połączeniu z niskoemisyjnymi materiałami budowlanymi i skuteczną metodą oczyszczania powietrza, stwarza możliwość obniżenia kosztów eksploatacji budynków, przy zachowaniu komfortowych warunków mikroklimatu termicznego i jakości powietrza w strefie oddychania.

Rodzaje urządzeń wentylacji indywidualnej

Wentylacja indywidualna jest terminem ogólnym a na bezpośrednie odczucia użytkownika wpływa konstrukcja urządzenia do PV. Główną zasadą PV jest fakt dostarczania świeżego powietrza w bezpośrednie otoczenie strefy oddychania człowieka. Stąd najważniejszym elementem PV jest odpowiednio zaprojektowany nawiewnik. Dodatkowo nawiewnik ten może być podłączony do urządzenia, które powoduje zmianę parametrów cieplnych nawiewanego powietrza, tak aby zapewnić użytkownikowi również komfort cieplny. Dotychczas w literaturze obserwuje się podział urządzeń ze względu na zastosowanie: urządzenia wyłącznie chłodzące, wyłącznie grzewcze lub grzewczo-chłodzące. Poniżej przedstawiono najważniejsze rodzaje urządzeń, jakie opracowano pod hasłem „wentylacji indywidualnej” (kamienie milowe w rozwoju ten dziedziny).

Pierwszym urządzeniem do lokalnej wentylacji i klimatyzacji człowieka był *Personal Environmental Module (PEM)* [11], który składał się z 2 obrotowych nawiewników, elastycznych przewodów łączących nawiewniki z niezależnie zasilanym urządzeniem mieszającym umieszczonym pod stołem, który umożliwiał recyrkulację powietrza nawiewanego oraz zmianę strumienia powietrza przepływają-

cego do nawiewników. Świeże powietrze dostarczane było z sieci przewodów umieszczonych pod podłogą. PEM wyposażone było z również w panel regulacyjny umożliwiający zmianę prędkości nawiewanego powietrza oraz stopnia recyrkulacji (domieszania powietrza z pomieszczenia). Dodatkowe ogrzewanie środowiska dookoła użytkownika realizowane było za pomocą promiennika ciepła zlokalizowanego na wysokości kolan. PEM wyposażony był również w czujnik obecności wyłączający urządzenie po kilku minutach nieobecności użytkownika. PEM umożliwiał nawiew powietrza w zakresie 6–70 L/s. Temperatura powietrza nawiewanego nie była regulowana i ustawiona na poziomie 18°C natomiast ogrzewanie użytkownika realizowane było za pomocą panelu radiacyjnego zamieszczonego pod biurkiem.

Uproszczonym w stosunku do PEM rozwiązaniem było urządzenie ClimaDesk [12], z tym, że nawiew powietrza realizowany był z dwóch nawiewników laminarnych umieszczonych pod biurkiem, wysuniętych na odległość 0,6 m poza krawędź blatu. W zależności od rozwiązania nawiew realizowany był pionowo lub poziomo. W Climadesk nie było możliwości regulacji parametrów nawiewnego powietrza.

W badaniach Melikova [13] porównano rozwiązania charakterystyczne dla Climadesk (VDG i HDG) i PEM oraz opracowano nowy ruchomy panel nawiewny (MP), a także panel połączony z monitorem (CMP). W badaniach tych określono również zdolność chłodzącą organizm człowieka przy zastosowaniu poszczególnych rozwiązań. Największe chłodzenie zaobserwowano dla VDG, a następnie CMP i MP. Jednocześnie zaobserwowano konflikt, jaki powstaje przy chęci jednoczesnego zapewnienia wysokiej jakości powietrza w strefie oddychania (co wymaga większych ilości nawiewanego powietrza) i dyskomfortu cieplnego oraz odczucia przeciągu, powstającego w tych warunkach. Patrząc pod tym kątem określono, że VDG i MP spełniają oba kryteria w stopniu satysfakcjonującym. Badania te wykazały natomiast, że optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie nawiewnika wysuniętego na ramieniu i zlokalizowanego nad komputerem, nawiewającego powietrze na twarz ochotnika, czyli w tym przypadku MP. W przypadku MP nie było możliwości regulacji prędkości i temperatury powietrza nawiewanego.

Niu i in. [14] zaproponował rozwiązanie do zastosowania w kinach, teatrach, salach wykładowych, kabinach samolotów i innych obiektach, w których występuje duże skupisko osób. PV w tym rozwiązaniu bazowało na fotelu z wmontowanym przewodem dostarczającym powietrze bezpośrednio do strefy oddychania człowieka za pomocą elastycznego i ruchomego przewodu, na końcu którego zainstalowano niewielką dyszę. Zaprojektowano strumień powietrza nawiewanego na poziomie 0,1–3,0 l/s. W zależności od rodzaju zastosowanej geometrii nawiewnika uzyskano ograniczenie nawet do 80% poziomu zanieczyszczeń w powietrzu wdychanym. Jednocześnie nawet bardzo bliskie usytuowanie nawiewnika nie umożliwiło użytkownikowi oddychania wyłącznie czystym powietrzem. W rozwiązaniu tym również nie wprowadzono możliwości ogrzewania lub chłodzenia nawiewanego powietrza.

Rozwiązaniem PV aktualnie dostępnym komercyjnie jest system oferowany przez Exhausto [15], bazujący na dostarczaniu wyłącznie świeżego powietrza bez możliwości regulacji jego temperatury. System ten bazuje na nawiewniku umieszczonym nad ekranem monitora użytkownika, w którym możliwa jest zmiana kierunku nawiewu. Nie ma możliwości ogrzewania lub chłodzenia nawiewanego powietrza, które jest dostarczane do każdego użytkownika o takich samych parametrach.

Jak widać z przedstawionych rozwiązań dotychczas głównie skupiano się na zapewnieniu odpowiedniej jakości powietrza nawiewanego, traktując drugorzędnie kwestie odczuć cieplnych użytkownika. Jednocześnie problemem we wszystkich przedstawionych przypadkach była zbyt duża prędkość powietrza trafiająca w otoczenie użytkownika powodująca dyskomfort związany z odczuwaniem przeciągu. Jednocześnie strumień powietrza świeżego był dość wąski i obejmował niewielką przestrzeń w otoczeniu człowieka.

Rozpatrując natomiast zastosowanie PV do miejscowego ogrzewania/chłodzenia użytkownika szczegółowe zestawienie urządzeń wentylacji indywidualnej pod tym kątem przedstawiono w tabeli 1.

T a b e l a 1

Pełne zestawienie urządzeń PV opisanych w literaturze [za 16].

Lista publikacji została załączona na oddzielnym arkuszu

Publikacja	Funkcje urządzenia			Możliwość indywidualnej kontroli
	Ogrzewanie	Chłodzenie	Wentylacja	
20	X	-	-	-
21	X	-	X	-
22	X	X	-	-
23	X	X	X	Strumień oraz w ograniczonym zakresie kierunek nawiewanego powietrza
11, 24	X	X	X	Strumień powietrza, kierunek, temperatura panelu grzewczego
25	X	X	X	Strumień oraz w ograniczonym zakresie kierunek nawiewanego powietrza
26	X	X	X	-
27	X	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
28	-	X	X	Strumień oraz kierunek nawiewanego powietrza
29	-	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
30	-	X	X	-
31	-	X	X	-
32, 33, 34	-	X	X	-
4	-	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
2	-	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
35	-	X	X	-
36	-	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
12	-	X	X	-
37	-	X	X	-
38	-	X	X	-
39	-	X	X	Strumień oraz kierunek nawiewanego powietrza
13	-	X	X	-
40	-	X	X	-
41	-	X	X	Strumień nawiewanego powietrza
42	-	X	-	Prędkość nawiewanego powietrza
43	-	X	-	-
44	-	X	-	Prędkość nawiewanego powietrza
45	-	X	-	Prędkość nawiewanego powietrza
46	-	X	-	Prędkość nawiewanego powietrza

Na podstawie przeglądu można zaobserwować, że urządzeniami, które umożliwiają indywidualną regulację zarówno ilości powietrza i kierunku nawiewanego powietrza jest wyłącznie urządzenie PEM. Ponadto większość urządzeń nie umożliwia regulacji temperatury lub/i prędkości nawiewanego powietrza.

Podsumowując powyższy przegląd rozwiązań można zauważyć następujące zależności:

- większość urządzeń wentylacji indywidualnej bazuje wyłącznie na dostarczaniu powietrza świeżego w strefę oddychania człowieka, nie umożliwiając regulacji kierunku, temperatury i prędkości nawiewanego powietrza,
- dostarczając duże ilości powietrza świeżego przez niewielkich rozmiarów nawiewniki otrzymuje się wysokie prędkości nawiewanego powietrza (od 0,5 m/s). Dla takich wartości obserwowane jest odczuwanie przez użytkowników przeciągu i niezadowolenia z nadmiernego ruchu powietrza.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wentylacji indywidualnej człowieka. Moduł PV składa się z następujących elementów: nawiewnika składającego się z głównej skrzynki z ruchomymi żaluzjami oraz umieszczonej wewnątrz nawiewnika perforowanej wkładki o kombinacji otworów kwadratowych i okrągłych a ponadto nawiewnik połączony jest z kanałem wentylacyjnym przewodem doprowadzającym powietrze. Na przewodzie doprowadzającym powietrze, w obrębie stanowiska pracy, zainstalowany jest element grzewczo-chłodzący oraz przepustnica połączona z regulatorem prędkości i temperatury powietrza.

Korzystnie nawiewnik posiada system zmiany regulacji ustawienia wysokości nawiewnika oraz regulacji ustawienia kierunku nawiewanego powietrza.

Nawiewnik składa się z głównej skrzynki z ruchomymi żaluzjami regulującymi kierunek napływającego powietrza oraz umieszczonej wewnątrz nawiewnika perforowanej wkładki o kombinacji otworów kwadratowych i okrągłych umożliwiających równomierny wypływ świeżego powietrza z nawiewnika a jednocześnie dzięki żaluzjom możliwa jest zmiana kształtu i indywidualne dostosowanie strumienia nawiewanego powietrza do preferencji użytkownika. Możliwa jest zmiana wysokości oraz kierunku ustawienia nawiewnika. Możliwość indywidualnej regulacji temperatury (w zakresie $\pm 5^{\circ}\text{C}$ od temperatury powietrza dostarczanego do PV) i prędkości (od 0,1 do 1 m/s) nawiewanego powietrza lokalnie na stanowisku przez każdego użytkownika.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia porównanie rozpyłu nawiewanego powietrza w wentylacji mieszającej, wyporowej i indywidualnej według stanu techniki, Fig. 2 – pierwsze urządzenie do lokalnej wentylacji i klimatyzacji człowieka, Fig. 3 – schemat modułu według wynalazku, Fig. 4 – nawiewnik z żaluzjami, Fig. 5 – wkładkę z otworami, Fig. 6 – nawiewnik z żaluzjami i wkładką Fig. 7 – przekrój pionowy prędkości powietrza w strumieniu wypływającym z opracowanego nawiewnika PV a Fig. 8 – przekrój poziomy prędkości powietrza w strumieniu wypływającym z opracowanego nawiewnika PV, Fig. 9 – na wykresie zdolność ogrzewania przez moduł PV w różnych wartościach temperatury nawiewu w temperaturze otoczenia równej 20°C , Fig. 10 – na wykresie zdolność chłodzenia przez moduł PV w różnych wartościach temperatury nawiewu w temperaturze otoczenia równej 24°C , Fig. 11 – na wykresie odczucie cieplne całego ciała i lokalne na poszczególnych jego częściach podczas 3 godzinnej pracy w środowisku kształtowanym przez PV w opcji ogrzewania, Fig. 12 – na wykresie inne odczucia użytkowników podczas 3 godzinnej pracy w środowisku kształtowanym przez PV w opcji ogrzewania, Fig. 13 – odczucie cieplne całego ciała i lokalne na poszczególnych jego częściach podczas 3 godzinnej pracy w środowisku kształtowanym przez PV w opcji chłodzenia, Fig. 14 – inne odczucia użytkowników podczas 3 godzinnej pracy w środowisku kształtowanym przez PV w opcji chłodzenia.

Nawiewnik 1 wykonany jest z blachy ocynkowanej kolorystycznie dopasowanej do wnętrza przyszłego zastosowania. Wymiary nawiewnika 1: wysokość 20 cm, długość 40 cm, głębokość 20 cm. Bezpośrednio powietrze wypływa z nawiewnika 1 z powierzchni zbudowanej z żaluzji 6 o wysokości 1 cm każda. W odległości 1 cm od płaszczyzny żaluzji 6 znajduje się wkładka perforowana 7 z kombinacją otworów okrągłych i kwadratowych 8 o średnicach hydraulicznych od 2 do 5 mm. Wkładka 7 sprawia, że napływ powietrza jest równomierny całą powierzchnią nawiewnika 1. Nawiewnik 1 połączony jest przewodem doprowadzającym powietrze 2 z elementu grzewczo-chłodzącego 3. Na przewodzie doprowadzającym powietrze 2 zamontowana jest przepustnica 5 połączona z regulatorem prędkości i temperatury powietrza 4.

Element grzewczo-chłodzący 3 zasilany jest elektrycznie, prądem stałym. Wykorzystując zjawisko termoelektryczne oraz zmienną biegunowość zasilacza możliwe jest w zależności od bieżących potrzeb chłodzenie, bądź ogrzewanie powietrza nawiewanego o $\pm 5^{\circ}\text{C}$ w odniesieniu do temperatury powietrza przed modułem, przy wydajności powietrznej do 10 l/s. Element 3 zainstalowany jest w obrębie stanowiska pracy, częściowo w przewodzie doprowadzającym powietrze do nawiewnika 1.

Podstawę konstrukcji modułu stanowią ogniwa Peltiera, będące elementem półprzewodnikowym zbudowanym z dwóch cienkich płytek, pomiędzy którymi znajdują się szeregowo ułożone półprzewodniki. Jedna strona ogniwa zabudowana jest w przewodzie doprowadzającym powietrze **2** (strona wewnętrzna), gdzie następuje ogrzewanie lub chłodzenie powietrza wentylacyjnego. W celu intensyfikacji wymiany ciepła oraz zwiększania sprawności urządzenia, na gładkiej, ceramicznej powierzchni ogniwa zainstalowano pasywne radiatory z głównymi trzonami w postaci rurek ciepła wypełnionych czynnikiem chłodniczym. Radiatory wykonane są ze stali z lamelami aluminiowymi o rozstawie 0,5–2 mm. Mocowanie radiatorów wykonano z zastosowaniem kleju termoprzewodzącego.

Instalacja modułu grzewczo-chłodzącego **3** w przewodzie doprowadzającym powietrze **2** wykonana została z zachowaniem szczelności instalacji wentylacyjnej na poziomie minimum klasy B zgodnie z PN-EN12237:2005 [17] – w przypadku kanałów i kształtek okrągłych oraz PN-EN 1507:2007 [18] w przypadku kanałów i kształtek prostokątnych.

Druga strona ogniwa (strona zewnętrzna) pozostaje po zewnętrznej stronie przewodu doprowadzającego powietrze **2** do nawiewnika. Element ten pobiera z otoczenia ciepło lub je oddaje do otoczenia w zależności od trybu pracy modułu. W celu intensyfikacji wymiany ciepła po stronie zewnętrznej, na ceramicznej powierzchni ogniwa przewidziano montaż radiatorów z opcjonalnym, dodatkowym wspomaganie wymiany ciepła w postaci wentylatorów osiowych. Radiatory wykonane są ze stali z lamelami aluminiowymi o rozstawie 0,5–2 mm, a główne trzony stanowią rurki ciepła wypełnione czynnikiem chłodniczym. Montaż radiatorów na powierzchni płytki ceramicznej z zastosowaniem kleju termoprzewodzącego. Opcjonalne wentylatory włączają się podczas maksymalnego obciążenia modułu grzewczo-wentylacyjnego w celu intensyfikacji wymiany ciepła po stronie zewnętrznej.

Moc akustyczna modułu nie przekracza 35dB(A).

Ogniwa Peltiera wraz z elementami pomocniczymi tj. wentylatorami wspomagającymi wymianę ciepła oraz sterownikiem i zewnętrznym czujnikiem temperatury zasilane są zasilaczem z wbudowanym transformatorem. Urządzenie podłączane jest do gniazda sieciowego prądu zmiennego o napięciu 220–240V. Ogniwa Peltiera oraz wentylatory i sterownik, a za jego pośrednictwem czujniki temperatury zasilane są prądem stałym o napięciu 12V. Natężenie prądu w zależności od wydajności modułu 0–24A.

Na wypływie powietrza z modułu zainstalowano przepustnicę **5** umożliwiającą zmianę strumienia powietrza w zakresie od 0 do 10 l/s.

Wymiary całego elementu grzewczo-chłodzącego **3** nie przekroczyły następujących wartości: wysokość 0,4 m, szerokość 0,3 m, głębokość 0,5 m.

Sterownik kontrolujący pracę modułu grzewczo-chłodzącego **3** jest regulatorem proporcjonalno-całkująco-różniczkującym (PID). Kontroluje on pracę modułu poprzez zmianę natężenia prądu przepływającego przez ogniwo Peltiera, co przekłada się na jego wydajność grzewczą lub chłodniczą w zależności od trybu pracy. Sterownik porównuje zadaną wartość temperatury z wartością mierzoną na nawiewie (za modułem grzewczo-chłodzącym). Temperatura powietrza nawiewanego mierzona jest za pomocą czujnika – termometru typu Pt1000. Czujnik należy umieścić w skrzynce rozprężnej nawiewnika **1**. Czujnik temperatury powinien mieć małą bezwładność i charakteryzować się czasem reakcji max. 2 sek.

T a b e l a 2
Parametry techniczne modułu sterującego

Zasilanie	Zasilacz wewnętrzny/ zewnętrzny 210-230 V
Rozdzielczość sterownika	0.1 °C
Zakres regulacji temperatury	+10...+30 °C
Napięcie robocze	12...28 V
Prąd wyjściowy	max.24 A
Napięcie robocze min.	12 V
wyjście standardowe	Czujniki Pt 100, Pt 1000 2- lub 3-przewodowe
Wyświetlacz	cyfrowy

Wyniki badań weryfikacyjnych

Badania weryfikacyjne podzielono na 3 etapy:

1. Ocena strumienia powietrza wypływającego z nawiewnika (dopływ świeżego powietrza do strefy oddychania ochotnika)
2. Ocena zdolności grzewczo-chłodzących urządzenia
3. Badania odczuć subiektywnych ochotników stosujących moduł PV.

Ad.1. Na rys. Fig. 7 przedstawiono przekrój pionowy prędkości powietrza w strumieniu wypływającym z opracowanego nawiewnika PV a na Fig. 8 przekrój poziomy prędkości powietrza w strumieniu wypływającym z opracowanego nawiewnika PV

Dopływ świeżego powietrza zaznaczony został do granicy prędkości powietrza równej 0,2 m/s. Użytkownik znajduje się w odległości ok. 30-40 cm od nawiewnika, stąd jest on w zakresie napływu świeżego powietrza.

Ad.2. Ocena zdolności do ogrzewania lub chłodzenia ciała człowieka prowadzona była przy zastosowaniu manekina termicznego, za pomocą którego określano temperaturę ekwiwalentną tj. temperaturę jednorodnego środowiska, które powoduje takie samo oddawanie ciepła z organizmu człowieka jak środowisko niejednorodne, w którym znajduje się aktualnie człowiek. Jest to standardowa metodyka oceny wpływu niejednorodnego ciepłnie środowiska na organizm człowieka [19, 20]. Badania w wariancie ogrzewania przez PV prowadzono w temperaturze otoczenia równej 20°C i temperaturze nawiewanego powietrza z PV równej 22°C i 24°C, natomiast w opcji chłodzenia – w temperaturze otoczenia równej 24°C i temperaturze powietrza nawiewanego z PV równej 20°C i 22°C. Prędkość powietrza wypływającego z nawiewnika była niewielka w celu uzyskania w otoczeniu ciała człowieka prędkości na poziomie 0,2 m/s – ledwo odczuwalnej jako przyjemny zefir i niepowodującej odczucia przeciągu. Wyniki porównano do wariantu, w którym wentylacja indywidualna nie była włączona. Na rys. 11 i 12 zastosowano następujące oznaczenia: np. XX/YY, gdzie pierwsze 2 cyfry jest to temperatura otoczenia, drugie 2 cyfry lub 'no PV' oznaczają temperaturę powietrza nawiewanego lub brak włączonego urządzenia PV.

Z badań wynika, że w przypadku ogrzewania jest ono osiąmane na wszystkich segmentach manekina termicznego z wyjątkiem głowy, na którą bezpośrednio kierowany jest nawiew. Ogrzewanie wynosi nawet 1°C w przypadku dłoni. Natomiast chłodzenie osiąmane jest głównie na górnych częściach ciała manekina termicznego.

Badania te potwierdziły możliwość wykorzystania opracowanego modułu PV do ogrzewania i ochładzania ciała użytkowników przy zachowaniu niskiej wartości prędkości powietrza w otoczeniu, tak, aby nie było ryzyka występowania przeciągu.

Ad.3. W badaniach weryfikacyjnych dotyczących subiektywnych odczuć użytkowników brało udział 20 ochotników, mężczyzn w wieku 20–30 lat wykonujących podczas badania pracę biurową. Ich odczucia badane były za pomocą ankiet wypełnianych w chwili rozpoczęcia działania PV (oznaczenie 0h na wykresach) po 1, 2 i 3 godzinach pracy w środowisku z włączoną PV (1h, 2h, 3h). Sprawdzano odczucia użytkowników przy działaniu modułu w opcji grzania (temperatura powietrza w pomieszczeniu 20°C, temperatura powietrza nawiewanego z PV 22°C) oraz w opcji chłodzenia (temperatura powietrza w pomieszczeniu 24°C, temperatura powietrza nawiewanego z PV 20°C).

Odczucia cieplne ochotników przy pracy PV w opcji grzania przedstawiono na rys. 11 i 12 a w opcji chłodzenia na rys. 13 i 14. Dla rys. 11 i 13 granicą komfortu cieplnego jest wartość $\pm 0,5$, natomiast dla rys. 12 i 14 granicą komfortu środowiskowego jest ocena 2 (wrażenie negatywne nieznacznie odczuwanie).

Na podstawie przedstawionych powyżej wykresów można zaobserwować, że ochotnicy odczuwali środowisko kształtowane przez PV jako komfortowe.

Podsumowując przeprowadzone badania weryfikacyjne należy zauważyć, że zgodnie z założeniami wentylacji indywidualnej, do użytkownika dopływa świeże powietrze. Jednocześnie użytkownik ma możliwość indywidualnej regulacji temperatury i prędkości nawiewanego powietrza w szerokim zakresie, a także możliwości zmiany kierunku nawiewanego powietrza i wysokości ustawienia nawiewnika, czego nie oferowało rozwiązanie PEM.

Literatura:

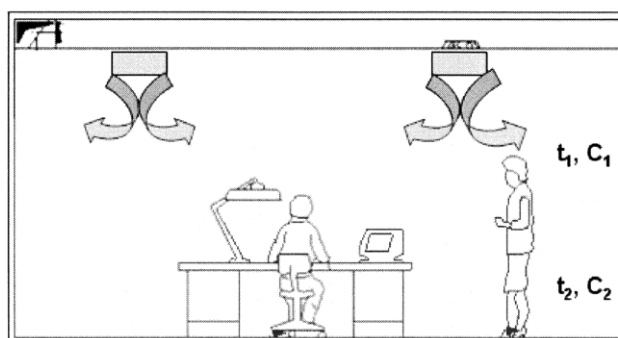
1. Melikov AK, Personalized ventilation, Volume 14, Issue Supplement 7, pages 157–167, August 2004
2. Melikov AK, R. Cermak, M. Majer, Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, *Energy and Buildings* 34 (2002) 829–836
3. Kaczmarczyk, J., Melikov, A. and Fanger, P. O. (2004), Human response to personalized ventilation and mixing ventilation. *Indoor Air*, 14: 17–29
4. Jan Kaczmarczyk, Quintan Zeng, Arsen Melikov, P. Ole Fanger, Individual control and people's preferences in an experiment with a personalized ventilation system, *Proceedings of ROOMVENT 2002, Copenhagen*, pp 57–60
5. J. Kaczmarczyk, A. Melikov, Z. Bolashikov, L. Nikolaev, P. O. Fanger, Human Response to Five Designs of Personalized Ventilation, *HVAC&R Research* Vol. 12, Iss. 2, 2006
6. Cermak R., Melikov A.K., Forejt L, Kovar O., Performance of Personalized Ventilation in Conjunction with Mixing and Displacement Ventilation, *HVAC&R Research*, vol. 12, nr 2, 04.2006
7. Gao N., Niu J., Zhang H., Coupling CFD and Human Body Thermoregulation Model for the Assessment of Personalized Ventilation, *HVAC&R Research* 7, 2006 Vol. 12, nr 3.
8. Gao N., Niu J., Modeling the performance of personalized ventilation under different room airflowa, *Building Simulation*, 2005, 9th International Conference, Montreal, Canada, 15–18.08.2005
9. EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), 2002/91/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej
10. PN-EN 15251:2012 Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę
11. Fred Bauman, Anne Baughman, Graham Carter, and Edward Arens, Center for Environmental Design Research, University of California, Berkeley, CA 94720–1839, A Field Study of PEM (Personal Environmental Module) Performance in Bank of America's San Francisco Office Buildings
12. Faulkner D., Fisk W., Sullivan D., Wyon D, Ventilation efficiencies of desk-mounted task/ambient conditioning systems, *Indoor Air* 1999, 9:273–281
13. Arsen K Melikov, Radim Cermak, Milan Majer, Personalized ventilation: evaluation of different air terminal devices, *Energy and Buildings*, Volume 34, Issue 8, September 2002, Pages 829–836
14. J. Niu, N. Gao, M. Phoebe, Huigang Zuo, Experimental study on a chair-based personalized ventilation system, *Building and Environment* 42 (2007) 913–925
15. http://files.kotisivukone.com/ilmastointiteknikka.tarjoaa.fi/tiedostot/pv_produktinformatio_eng.pdf
16. Michal Vesely, Wim Zeiler, Personalized conditioning and its impact on thermal comfort and energy performance – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 34, June 2014, Pages 401–408
17. PN-EN 12237:2005 Wentylacja budynków. Sieć przewodów. Wytrzymałość szczelność przewodów z blachy o przekroju kołowym
18. PN-EN 1507:2007 Wentylacja budynków. Przewody wentylacyjne z blachy o przekroju prostokątnym. Wymagania dotyczące wytrzymałości i szczelności
19. Håkan O Nilsson, Comfort Climate Evaluation with Thermal Manikin Methods and Computer Simulation Models, Royal Institute of Technology, Sweden, PhD thesis, 2004
20. Cermak R., Design Strategies for Personalized Ventilation Systems, PhD thesis, 2004, Danish Technical University
21. Foda E, Sirén K. Design strategy for maximizing the energy-efficiency of a localized floor-heating system using a thermal manikin with human thermoregulatory control. *Energy Build* 2012;51:111–21
22. Kaczmarczyk J, Melikov AK, Sliva D. Effect of warm air supplied facially on occupants' comfort. *Build Environ* 2010; 45:848–55.
23. Zhang YF, Wyon DP, Fang L, Melikov AK. The influence of heated Or cooled seats on the acceptable ambient temperature range. *Ergonomics* 2007; 50:586–600.

24. Amai H, Tanabe S, Akimoto T, Genma T. Thermal sensation and Comfort with different task conditioning systems. *BuildEnviron* 2007; 42:3955–64.
25. Bauman F, Carter T, Baughman A. Field study of the impact of a desktop task/ambient conditioning system In office buildings. *ASHRAETrans* 1998; 104:1153–71.
26. Melikov AK, Knudsen GL. Human response to an individually controlled microenvironment. *HVAC&RRes* 2007;13:645–60.
27. Watanabe S, Melikov AK, Knudsen GL. Design of an individually controlled system for an optimal thermal microenvironment. *BuildEnviron* 2010; 45:549–58.
28. Zhang H, Arens E, Kim D, Buchberger E, Bauman F, Huizenga C. Comfort, perceived air quality, and work performance In a low-power task-ambient conditioning system. *Build Environ* 2010;45:29–39.
29. Akimoto T, Tanabe S, Yanai T, Sasaki M. Thermal Comfort and productivity – evaluation of workplace environment In a task conditioned office. *Build Environ* 2010;45:45–50.
30. Chen Y, Raphael B, Sekhar C. Individual control of a personalized ventilation system integrated with an ambient mixing ventilation system. *HVAC&RRes* 2012;18:1136–52.
31. Conceição EZE, Lácio MMJR, Rosa SP, Custódio ALV, Andrade RL, Meira MJPa. Evaluation of comfort level In desks equipped with two personalized ventilation systems In slightly warm environments. *BuildEnviron* 2010;45:601–9.
32. Gong N, Tham K, Melikov AK, Wyon DP, Sekhar C, Cheong KWD. The acceptable air velocity range for local air movement in the tropics. *HVAC&R Res* 2006;12:1065–76.
33. Halvoňová B, Melikov AK. Performance of “ductless” personalized ventilation in conjunction with displacement ventilation: impact of disturbances due to walking person(s). *BuildEnviron* 2010;45: 427–36.
34. Halvonova B, Melikov AK. Performance of “ductless” personalized ventilation in conjunction with displacement ventilation: impact of intake height. *BuildEnviron* 2010;45: 996–1005.
35. Halvonova B, Melikov AK. Performance of ductless personalized ventilation in conjunction with displacement ventilation: impact of Workstation layout and partitions. *HVAC&RRes* 2010;16:75–95.
36. Kalmár F, Kalmar T. Alternative personalized ventilation. *EnergyBuild* 2013;65:37–44.
37. Li R, Sekhar C, Melikov AK. Thermal Comfort and IAQ assessment of underfloor air distribution system integrated with personalized ventilation in hot and humid climate. *BuildEnviron* 2010;45:1906–13.
38. Makhoul A, Ghali K, Ghaddar N. Thermal Comfort and energy performance of a low-mixing ceiling-mounted personalized ventilaton system. *BuildEnviron* 2013; 60:126–36.
39. Melikov AK, Ivanova T, Stefanova G. Seat headrest-incorporated personalized ventilation: thermal comfort and inhaled air quality. *BuildEnviron* 2012; 47:100–8.
40. Melikov AK, Skwarczynski M, Kaczmarczyk J, Zabecky J. Use of personalized ventilation for improving health, comfort, and performance at high room temperature and humidity. *IndoorAir* 2013; 23:250–63.
41. Sekhar C, Gong N, Tham K, Cheong KWD, Melikov AK, Wyon DP, et al. Findings of personalized ventilation studiemi In a hot and humid climate. *HVAC&RRes* 2005; 11:603–20.
42. Yang B, Sekhar C, Melikov AK. Ceiling-mounted personalized ventilation system integrated with a secondary air distribution system – a human response study In hot and humid climate. *IndoorAir* 2010; 20:309–19.
43. Arens E, Xu T, Miura K, Zhang H, Fountain M, Bauman F. A study of occupant cooling by personally controlled air movement. *EnergyBuild* 1998;27:45–59.
44. Chakroun W, Ghaddar N, Ghali K. Chilled ceiling and displacement ventilation aided with personalized evaporative cooler. *EnergyBuild* 2011;43:3250–7.
45. Ghaddar N, Ghali K, Chakroun W. Evaporative cooler improves transient thermal Comfort In chilled ceiling displacement ventilation conditioned space. *Energy Build* 2013;61:51–60.
46. Sun W, Cheong KWD, Melikov AK. Subjective study of thermal acceptability of novel enhanced displacement ventilation system and implication of occupants' personal control. *Build Environ* 2012;57:49–57.
47. Zhai Y, Zhang H, Zhang Y, Pasut W, Arens E, Meng Q. Comfort under personally controlled air movement In warm and humid environments. *Build Environ* 2013;65:10–17

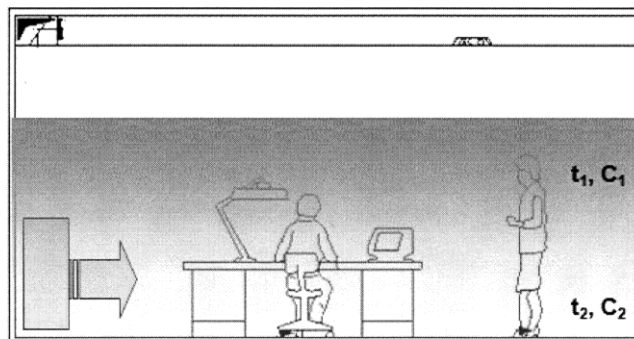
Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do wentylacji indywidualnej człowieka na stanowisku pracy posiadające nawiewnik, **znamienne tym**, że nawiewnik (1) składa się z głównej skrzynki z ruchomymi żaluzjami (6) oraz umieszczonej wewnątrz nawiewnika (1) perforowanej wkładki (7) o kombinacji otworów (8) kwadratowych i okrągłych a ponadto nawiewnik (1) połączony jest z kanałem wentylacyjnym przewodem doprowadzającym powietrze (2), przy czym na przewodzie doprowadzającym powietrze (2), w obrębie stanowiska pracy, zamontowany jest element grzewczo-chłodzący (3) oraz przepustnica (5) połączona z regulatorem prędkości i temperatury powietrza (4).
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamienne tym**, że nawiewnik (1) posiada system zmiany regulacji ustawienia wysokości nawiewnika (1) oraz regulacji ustawienia kierunku nawiewanego powietrza.

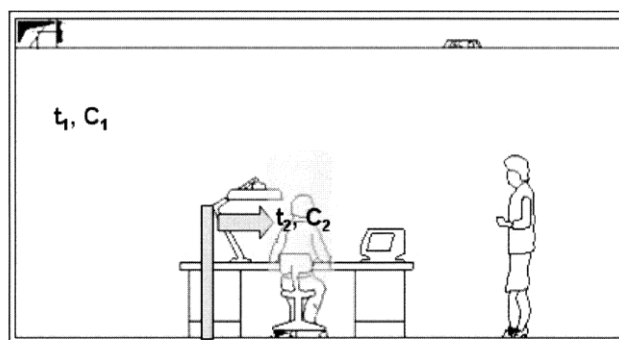
Rysunki



$t_1 = t_2; C_1 = C_2$ a)



$t_1 > t_2; C_1 > C_2$ b)



$t_1 < t_2$ lub $t_1 > t_2; C_1 > C_2$ c)

Fig. 1

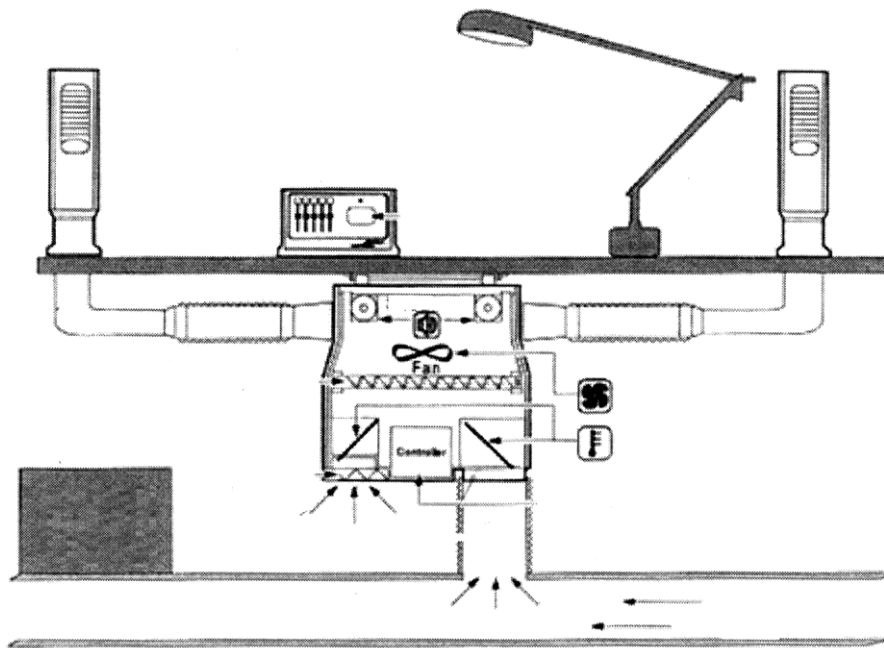


Fig. 2

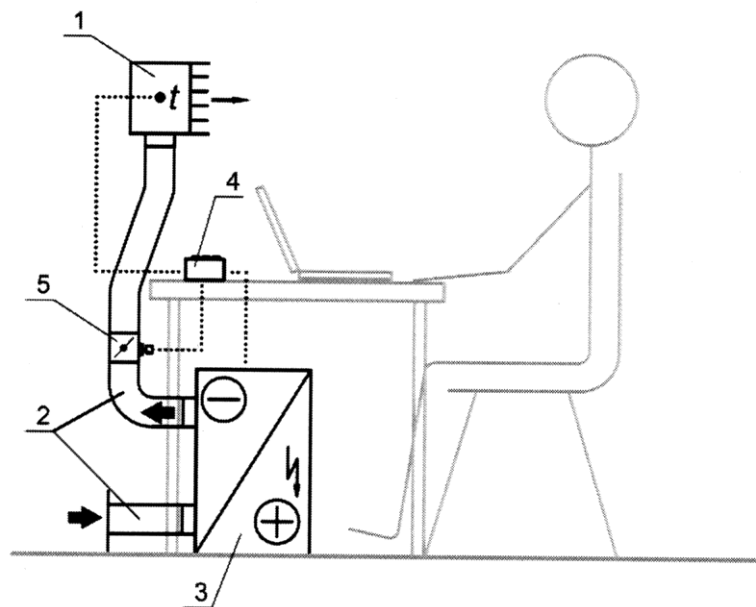


Fig. 3

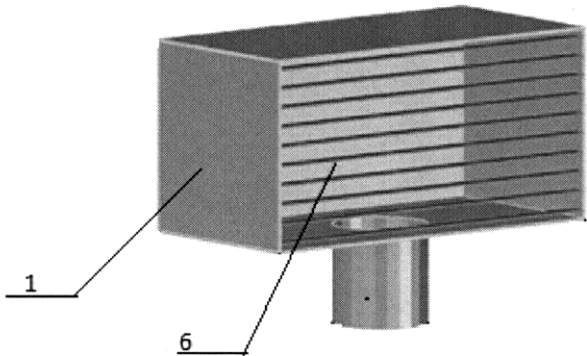


Fig. 4

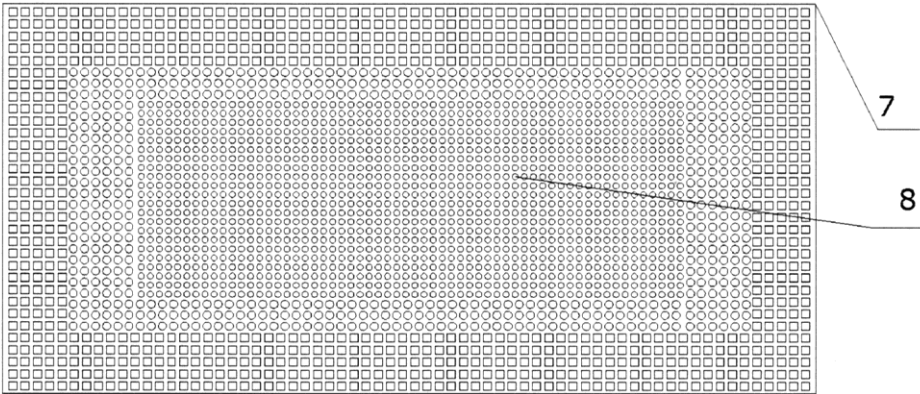


Fig. 5

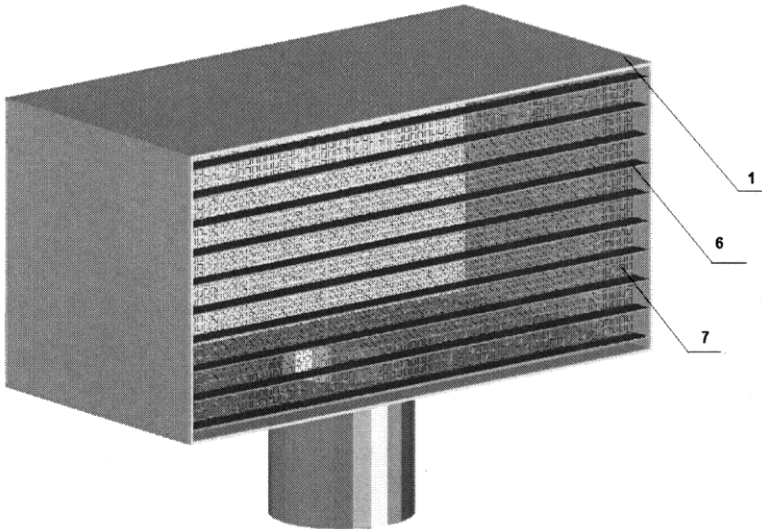


Fig. 6

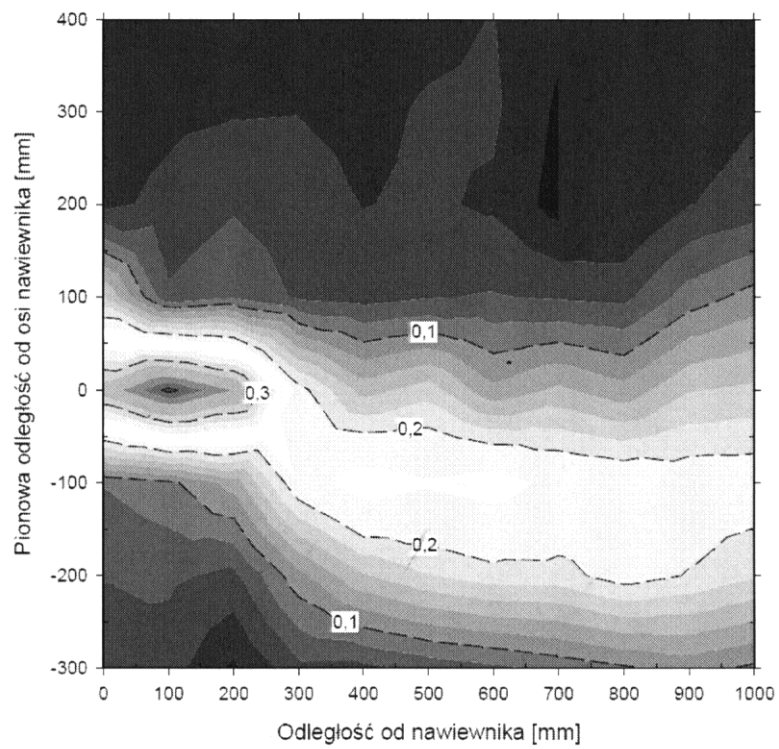


Fig. 7

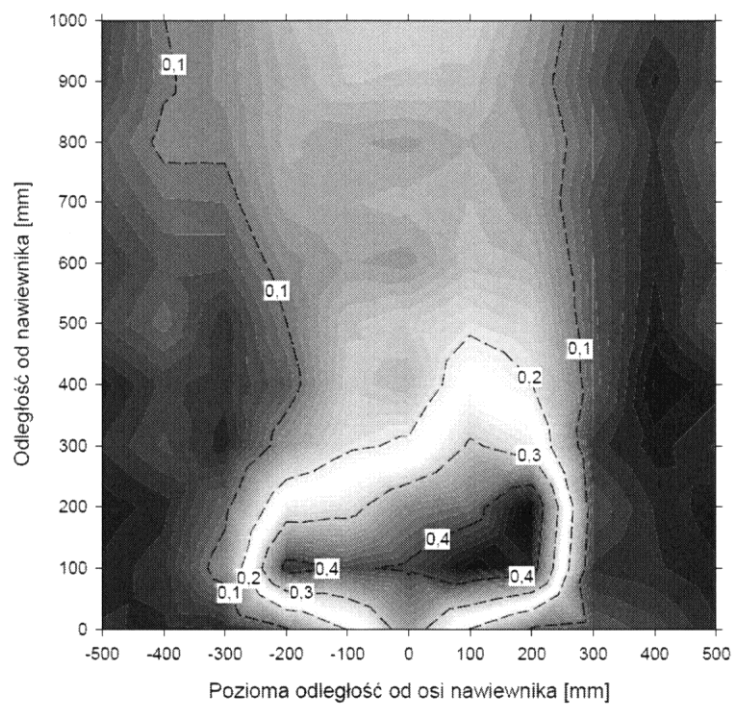


Fig. 8

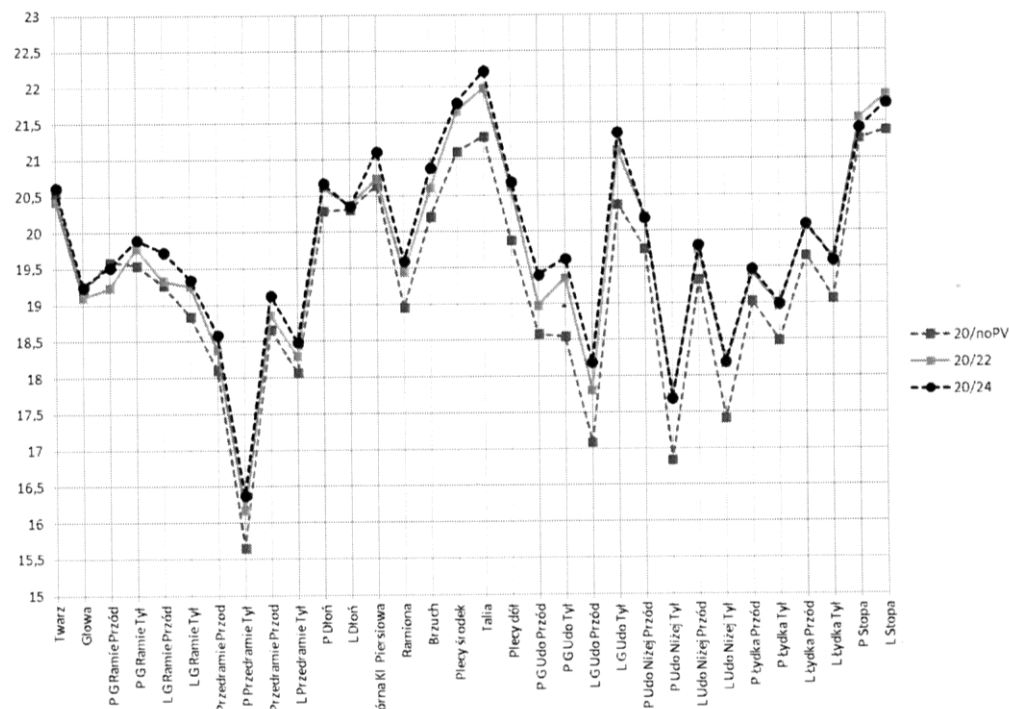


Fig. 9

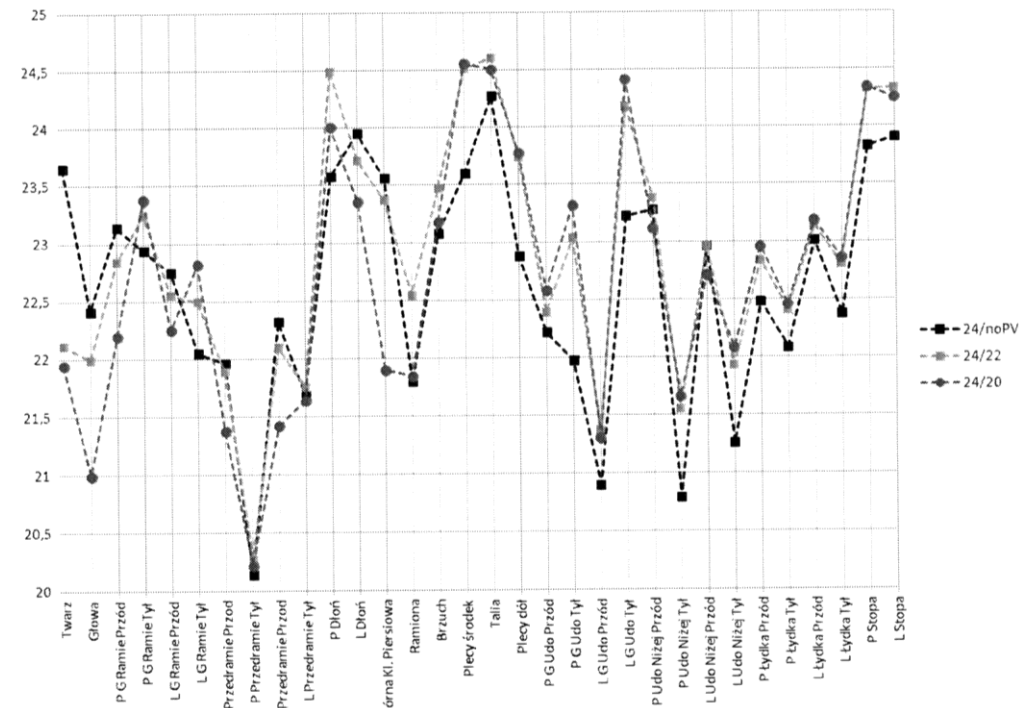


Fig. 10

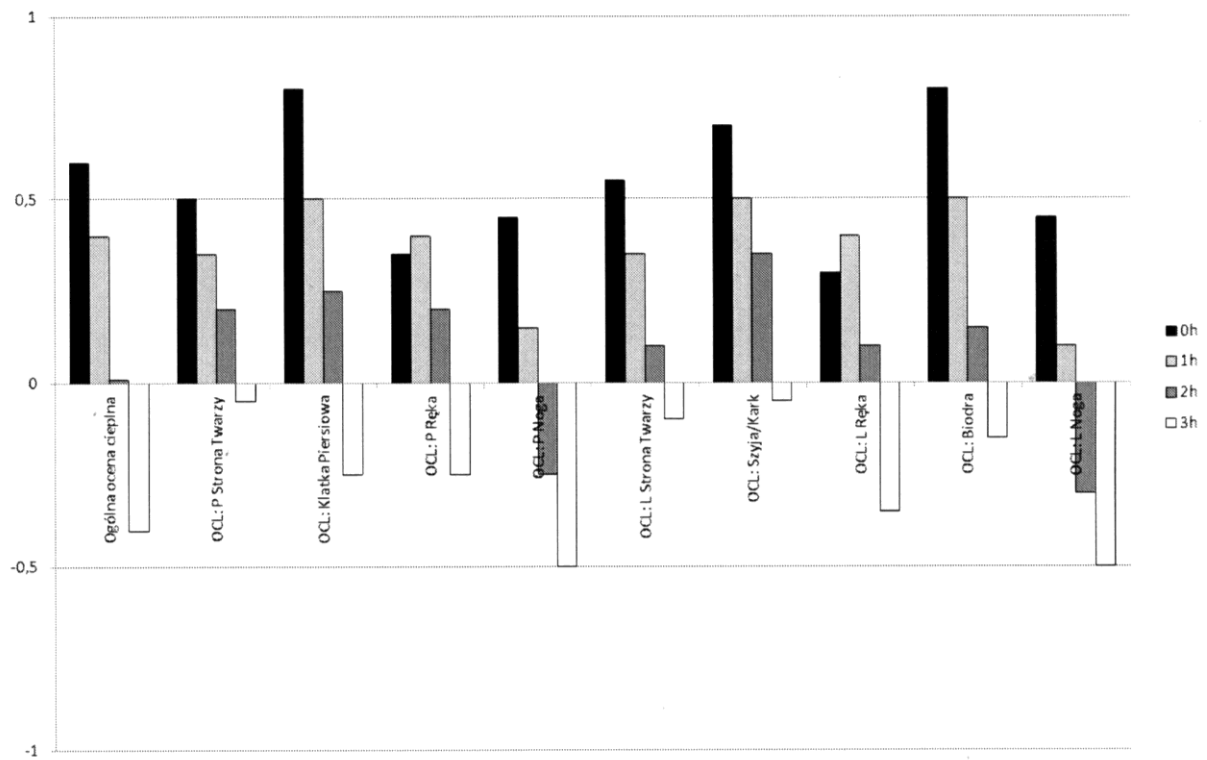


Fig. 11

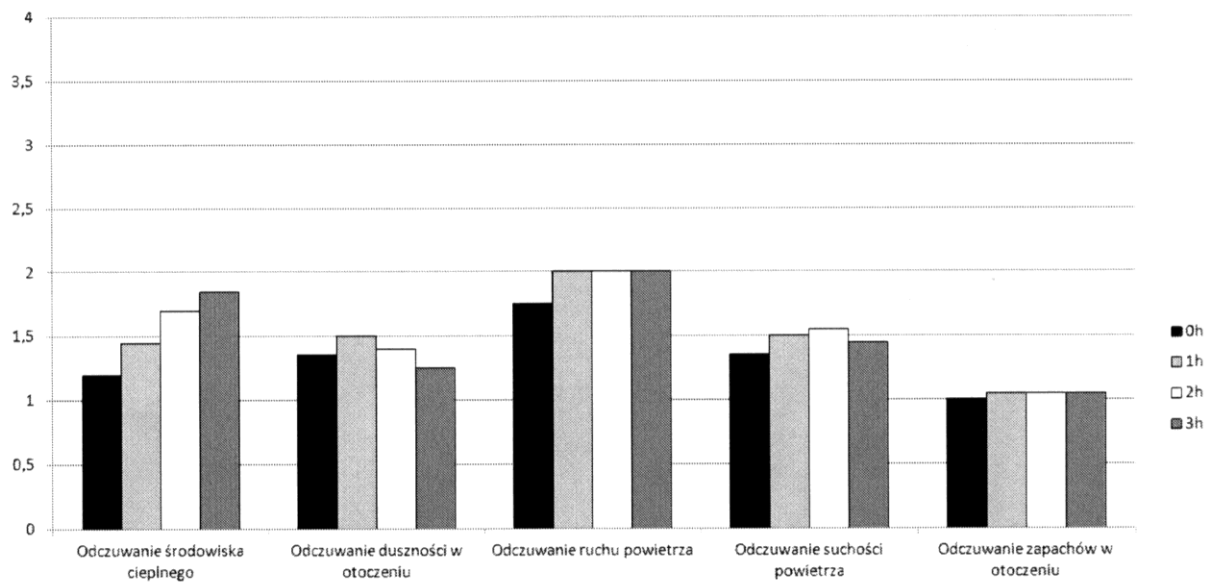


Fig. 12

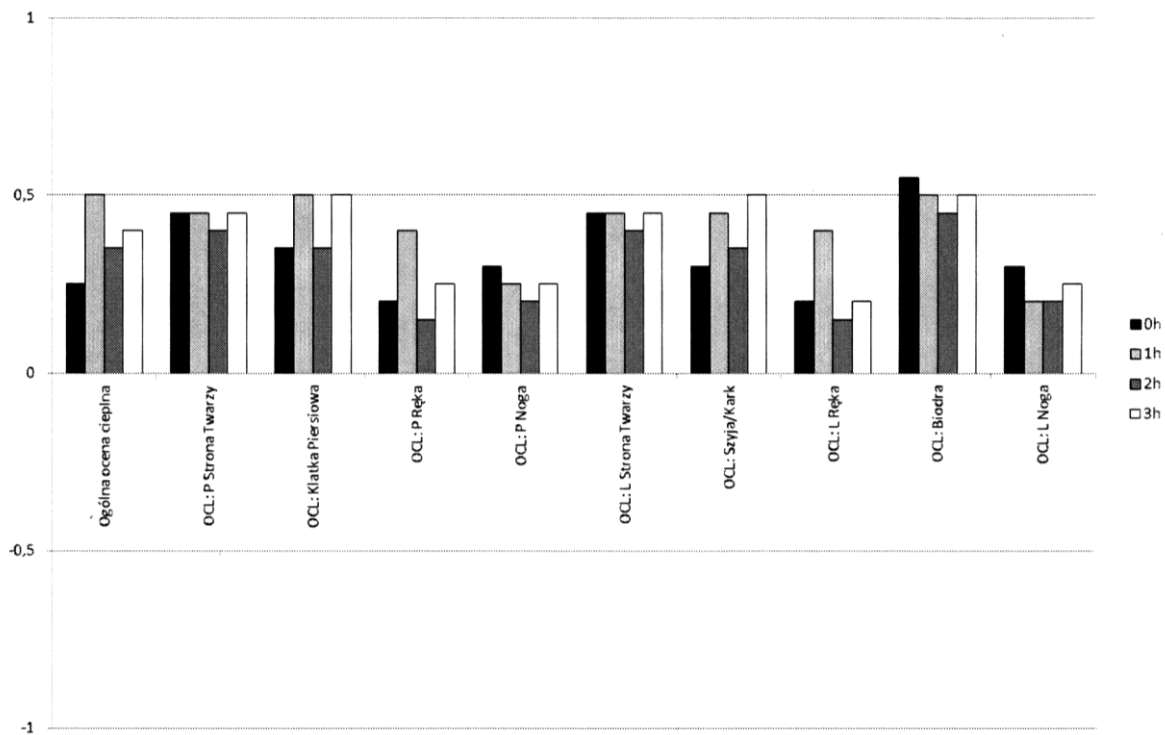


Fig. 13

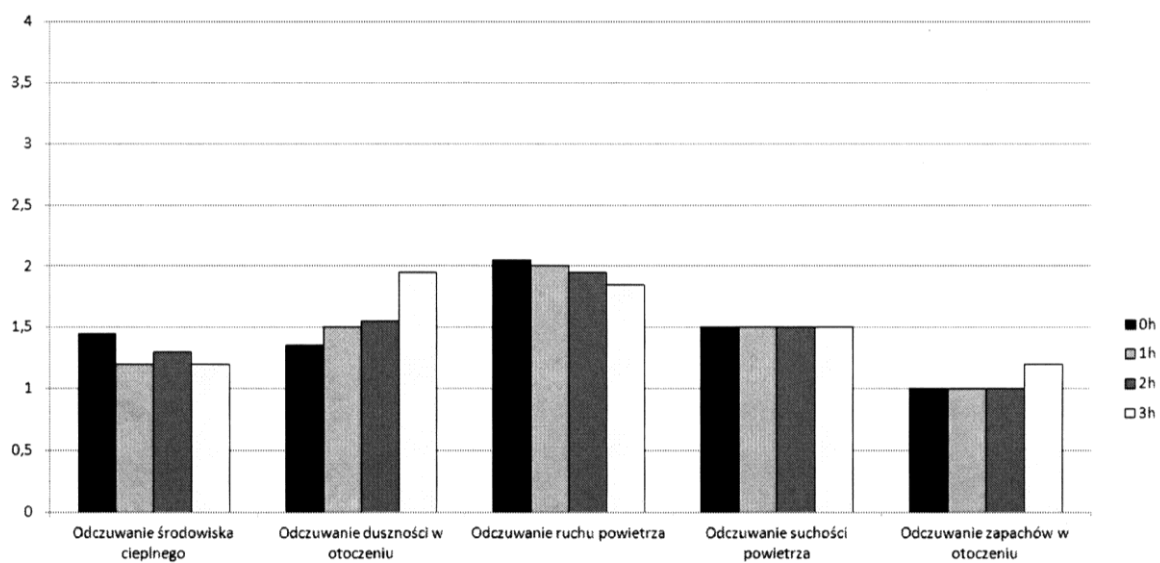


Fig. 14